

**ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ПОЛЯРИЗАЦИИ НА МОРФОЛОГИЮ  
ПОКРЫТИЙ СИСТЕМЫ ЦИНК-НИКЕЛЬ-КОБАЛЬТ**

Электроосаждение сплавов является сложным процессом, в котором различные факторы электролиза влияют на скорость зарождения и рост гальванических осадков. К перспективным направлениям контроля состава и микроструктуры гальванических покрытий относят применение нестационарных режимов электролиза [1-3]. Как известно [1-3], разряд того или иного вида ионов на поверхности электрода возможен только при достижении определенного значения потенциала. Методы получения электролитических слоев наложением на гальваническую ванну прямоугольных потенциостатических импульсов позволяют практически мгновенно реализовать на электроде условия для осаждения металла или сплава необходимого состава.

В предшествующих работах [4,5] был выбран состав раствора и режим осаждения покрытий сплавом цинк-никель-кобальт. Задача настоящей работы заключается в исследовании влияния состава раствора по катионам разряжающихся металлов на формирование микроструктуры покрытий системы цинк-никель-кобальт при наложении на рабочий электрод (сталь Ст45) потенциостатического импульсного режима электролиза. Состав гальванического раствора и методика эксперимента приводится в работах [4,5]. Значения потенциалов приводятся относительно 0,1 Н хлоридсеребряного электрода сравнения. Микроструктура образцов исследована с помощью сканирующего электронного микроскопа Aspek Explorer FEI со встроенным энергодисперсионным анализатором.

Согласно полученным результатам сканирующей электронной микроскопии в сульфатно-глицинатном растворе цинкования получены плотноупакованные осадки пластинчатой конфигурации, характерной для цинка (рис.1). Микроструктура покрытий цинк-никель значительно отличается от осадков цинка: покрытие формируется из мелкодисперсных зерен сплава.

Анализ хроноамперограмм осаждения покрытий цинком и сплавом цинк-никель показал наличие диффузионных ограничений формирования гальванических осадков, а также важную роль химической стадии электродного процесса. Был проведен расчет величины адсорбции электроактивных частиц на катоде. Значение величины ад-

сорбции электроактивных частиц повышается с увеличением компонентов раствора осаждения гальванических покрытий. Таким образом, на процесс образования мелкодисперсных зерен осадка цинк-никель оказывает влияние наряду с фазовым составом покрытия повышение роли химической стадии процесса разряда электроактивных частиц на электроде.

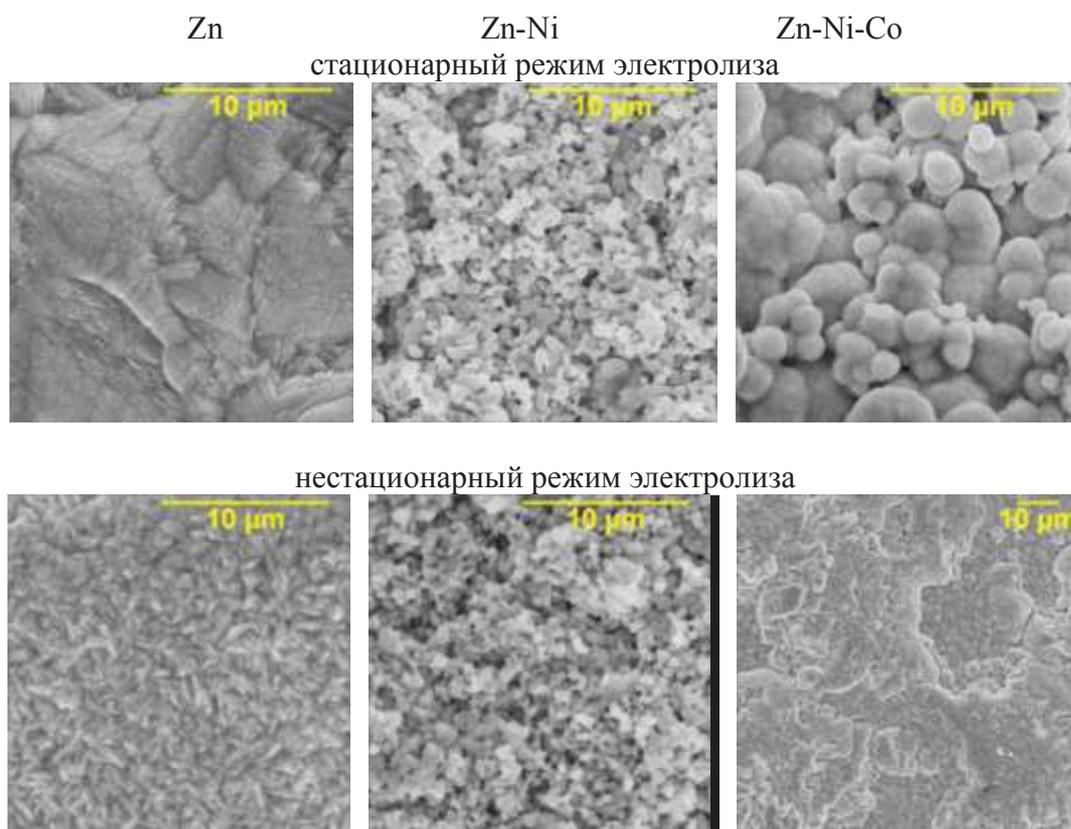


Рисунок 1 - СЭМ-изображения покрытий системы Zn-Ni-Co, полученных из сульфатно-глицинатных электролитов в стационарном (потенциал поляризации  $E = -1200$  мВ) и нестационарном ( $E_1 = -1200$  мВ  $\tau_1 = 20$  с при  $E_2 = -600$  мВ  $\tau_2 = 1$  с) режиме электролиза

При введении ионов кобальта в раствор несколько увеличивается размер и повышается плотность упаковки зерен гальванического осадка (рис. 1).

Электронные спектры покрытий отражают их качественный состав (рис.2). На спектрах осадков цинк-никель и цинк-никель-кобальт присутствуют пики как цинка, так и никеля (рис. 2 б, в). Электронный спектр тройного покрытия характеризуется относительно более высокими пиками никеля (рис. 2в), что косвенно указывает на повышение содержания никеля в осадке. Пик кобальта не отмечен, что может

быть связано с малым количеством этого компонента в составе покрытия [5].

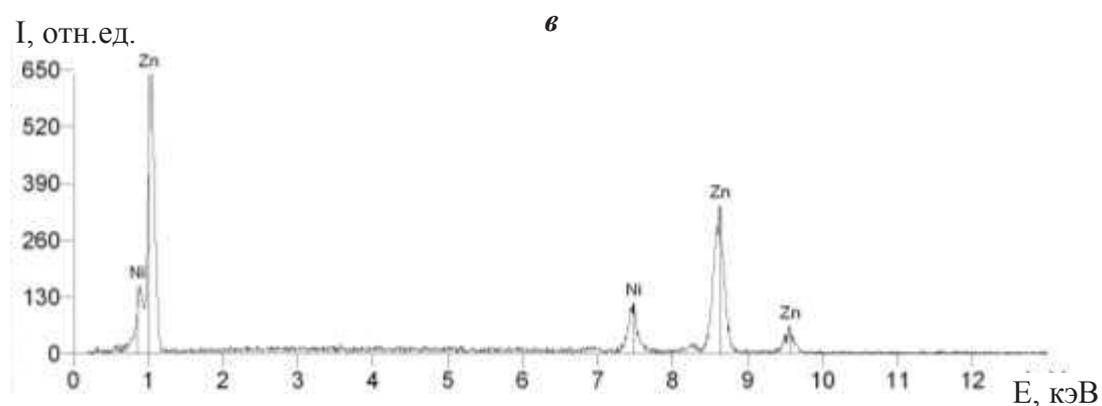
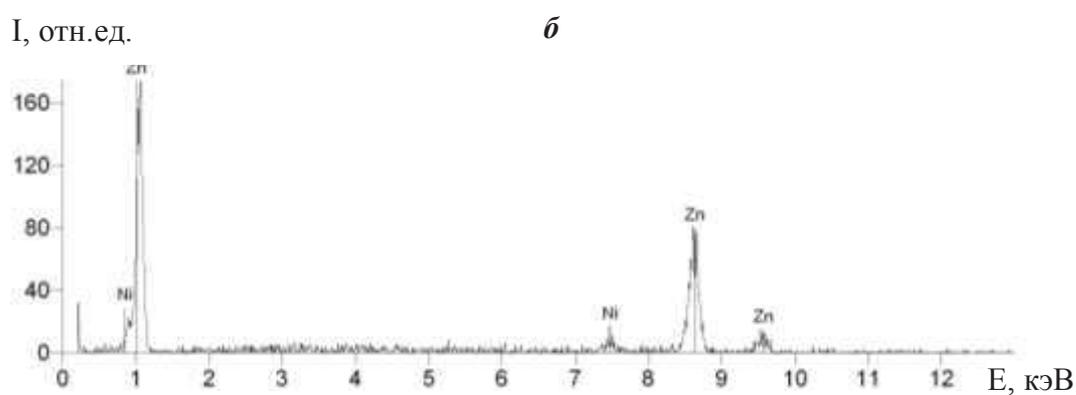
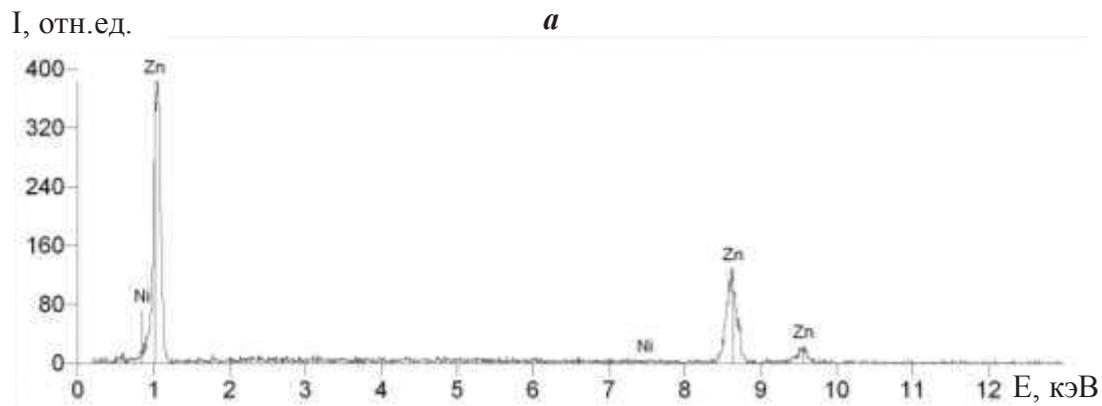


Рисунок 2 – Электронные спектры покрытия стали цинком (а), сплавом цинк-никель (б), цинк-никель-кобальт (в), осажденного в сульфатно-глицинатном рас

В растворе при наложении на стальной электрод потенциала  $E = -1200$  мВ

При наложении на катод нестационарного режима импульсной потенциостатической поляризации отмечена общая тенденция к фор-

мированию более мелкодисперсного осадка (рис.1). Влияние состава раствора на микроструктуру осадков аналогично стационарному режиму электролиза. Благоприятное влияние коротких импульсов поляризации электрода на морфологию и качество покрытий связывают с увеличением количества центров кристаллизации [1-3]. Отмечена тенденция к росту величины адсорбции Ge с количеством импульсов при электролизе в нестационарном режиме поляризации электрода. В электролитах осаждения сплавов зависимость Ge от номера цикла усложняется. Рост значения Ge сменяется снижением величины адсорбции. Полученный результат может быть следствием, как усиления диффузионных ограничений разряда, так и изменения морфологии и качественного состава подложки. Во всех исследованных растворах примерно к 30 циклу величина адсорбции достигает стационарного значения. Можно предположить, что к этому времени на электроде и в приэлектродном слое раствора устанавливаются стационарные скорости диффузионно-электрохимических процессов с участием электроактивных частиц.

Таким образом, в исследованных условиях электролиза наиболее мелкозернистые, компактные покрытия получены в нестационарном режиме электролиза в растворе осаждения тройного осадка цинк-никель-кобальт.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Effect of Fe and Co co-deposited separately with Zn-Ni by electrodeposition on ASTM A624 steel / R.P. Oliveira, D.C. Bertagnolli, L. da Silva and etc. // Applied Surface Science. 2017. V.420. P.53-62.
2. Fashu, S. Recent work on electrochemical deposition of Zn-Ni(-X) alloys for corrosion protection of steel / S. Fashu, R. Khan // Anti-Corrosion Methods and Materials. 2019. V. 66. N 1. P. 45-60.
3. Киреев, С.Ю. Интенсификация процессов электроосаждения металлов с использованием различных режимов импульсного электролиза / С.Ю. Киреев // Перспективные материалы. 2016. № 11. С. 5-15.
4. Ченцова, Е.В. Влияние содержания аминокислотной кислоты на электроосаждение сплава цинк-никель-кобальт / Е.В. Ченцова, С.Ю. Почкина, Н.Д. Соловьева // Гальванотехника и обработка поверхности. 2020. Т.28. № 1. С.42-49.
5. Chentsova, E.V. Kinetics of electrodeposition of zinc-nickel alloy from sulfate-glycinate electrolyte / E.V. Chentsova, S.Yu. Pochkina, N.D. Solovyova, M.I. Lopukhova // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2019. Т. 62. № 4. С. 128-134.